

Fahrzeitreduzierung und mehr Kapazität durch Slip Coaching im Hochgeschwindigkeitsverkehr

Langfristig steigende Fahrgastzahlen erfordern einen Ausbau des Fahrplanangebots im Schienenpersonenfernverkehr. Ein möglicher Infrastrukturausbau ist zeit- und kostenintensiv. Das so genannte Slip Coaching-Verfahren bietet sich als betriebliche Ergänzung an und könnte auf bestehender Infrastruktur zu einem verbesserten Angebot mit dichterem Takt, reduzierten Reisezeiten und zusätzlichen Direktverbindungen führen.



1. Einleitung und Ziel der Untersuchung

Seit 2007 arbeitet das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) an einem Konzept für einen Hochgeschwindigkeitszug der Zukunft (Next Generation Train – NGT) [1]. Zunächst wurde ein doppelstöckiger Triebwagenzug NGT HST (High Speed Train) für den schnellen Personenfernverkehr entwickelt (s. Bild 1). Aus dem NGT HST wurden weitere NGT-Versionen wie z. B. der NGT LINK und der NGT CARGO abgeleitet. Dabei stand stets auch die Erarbeitung entsprechender Betriebskonzepte im Fokus [2].

Eine sowohl betriebliche als auch technische Innovation des NGT stellt das dynamische Flügeln dar. Diese Funktion ermöglicht das virtuelle Kuppeln von Zügen und beinhaltet ebenso das Stärken und Schwächen von Zugverbänden während der Fahrt. Ein mögliches Anwendungsszenario wurde bereits in [4] aufgezeigt. Beim virtuell gekuppelten Zugverband besteht keine mechanische Verbindung mehr zwischen den einzelnen Triebzug-Einheiten. Die Einhaltung des Abstands zwischen den Einheiten wird durch die fahrzeugseitige Geschwindigkeitsregelung auf Basis der kontinuierlichen Kommunikation des



Dipl.-Ing. Leander Flamm

wissenschaftlicher Mitarbeiter,
DLR-Institut für Verkehrssystem-
technik, Braunschweig
leander.flamm@dlr.de



Michael Mönsters, M.Sc.

wissenschaftlicher Mitarbeiter,
DLR-Institut für Verkehrssystem-
technik, Braunschweig
michael.moensters@dlr.de



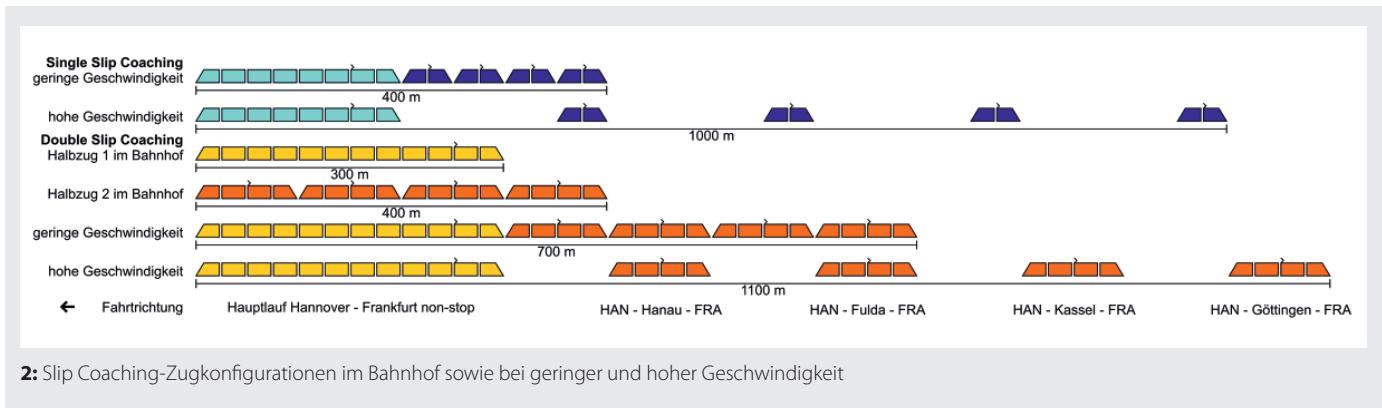
1: Design-Studie NGT HST, Quelle: DLR, CC-BY 3.0 [3]

Betriebszustands zwischen den Einheiten sichergestellt.

Das Verfahren des dynamischen Flügels befindet sich aktuell an der Schwelle zur technischen Realisierbarkeit [5]. Als ein entscheidendes Hindernis hat sich die Aufteilung eines virtuell gekuppelten Zuges im Zulauf auf eine Trennungsweiche ge-

Slip Coaching ermöglicht kürzere Reisezeiten im Hochgeschwindigkeitsverkehr – auf bestehender Streckeninfrastruktur.





zeigt. Hier muss der Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Triebzug-Einheiten mindestens den absoluten Bremswegabstand zum Gefahrpunkt (Weiche) betragen (zzgl. Systemzeiten), sodass die Vorteile des dynamischen Flügeln teilweise verloren gehen. Überlegungen, anstelle einer herkömmlichen Weiche eine passive Weiche zu verwenden, sind noch Gegenstand der Forschung. Nachfolgend wird nun ein Betriebskonzept erarbeitet und untersucht, welches die Nutzung des dynamischen Flügeln unter Umgehung der Weichenproblematik auch auf bestehender Infrastruktur ermöglicht. Lediglich die für das virtuelle Kuppeln benötigten Anpassungen an der Leit- und Sicherungstechnik werden weiterhin vorausgesetzt.

2. Prinzip des Slip Coaching

Die technologische Basis für das sogenannte Slip Coaching-Verfahren bildet das dynamische Flügeln, dessen Ursprünge im britischen Bahnbetrieb des 19. und 20. Jahrhunderts liegen [6]. Beim traditionellen Slip Coaching werden einzelne Wagen am Zugende während der Fahrt vom Zugverband getrennt und am nächsten Zwischenbahnhof von einem Zugbegleiter gebremst. Der restliche Zugverband setzt seine Fahrt mit unveränderter Geschwindigkeit fort. Das Betriebsverfahren wurde bis 1960 beibehalten, konnte sich langfristig aber nicht durchsetzen, da neben dem hohen Arbeitsaufwand und Sicherheitsbedenken während des Bremsvorganges das Konzept umgekehrt für Kuppelvorgänge nicht anwendbar war.

Die historische Idee des Slip Coaching bekommt nun durch moderne Leit- und Sicherungstechnik sowie die Verwendung neuartiger Kommunikations-, Ortungs-

und Sensorsysteme neue Bedeutung. Der herkömmliche Ansatz des Slip Coaching wird aufgegriffen und mittels dynamischen Flügeln in ein zukunftsfähiges Konzept überführt. Dabei fahren Zugverbände aus mehreren kurzen, einzeln angetriebenen und untereinander virtuell gekuppelten Einheiten von einem größeren Knotenbahnhof aus gemeinsam ab. Einige Kilometer vor Zwischenbahnhöfen wird die jeweils letzte Einheit aus der virtuellen Kupplung gelöst und lässt sich zurückfallen, bis am Bahnsteig des durchgehenden Hauptgleises gehalten wird. Nach dem Fahrgastwechsel beschleunigt die Einheit rechtzeitig, sodass ein folgender durchgehender Zugverband die Einheit einholt und mittels virtueller Kupplung erneut aufnimmt.

3. Fallstudie

3.1. Rahmenbedingungen

Die seit einigen Jahren steigenden Fahrgastzahlen im Schienenpersonenfernverkehr [7] und hierdurch stärker ausgelastete Züge treffen an vielen Stellen auf eine nur begrenzt verfügbare Infrastruktur, welche nicht in gleichem Maße mitwächst. Um dem Fahrgastanstieg zu begegnen, ist ein verbessertes Fahrplanangebot erforderlich, welches in der Regel umfangreiche Infrastrukturausbauten erfordert. Das Slip Coaching stellt eine Option dar, Fahrplanangebot und Fahrgastkapazität ohne große Infrastrukturmaßnahmen deutlich zu steigern. Zusätzlich könnten durch das Slip Coaching die Reisezeiten gesenkt und zusätzliche Direktverbindungen geschaffen werden. Darüber hinaus könnte das Konzept das Vorhaben der Bundesregierung unterstützen, das Fahrgastaufkommen im

Fernverkehr bis 2030 zu verdoppeln [8], wofür aktuell umfassende Infrastrukturausbauten als notwendig angesehen werden [9]. Das Slip Coaching könnte diese Ausbauplanungen deutlich reduzieren und nicht zuletzt durch die Reduktion von Reisezeiten die Realisierung des Deutschlandtakts erleichtern.

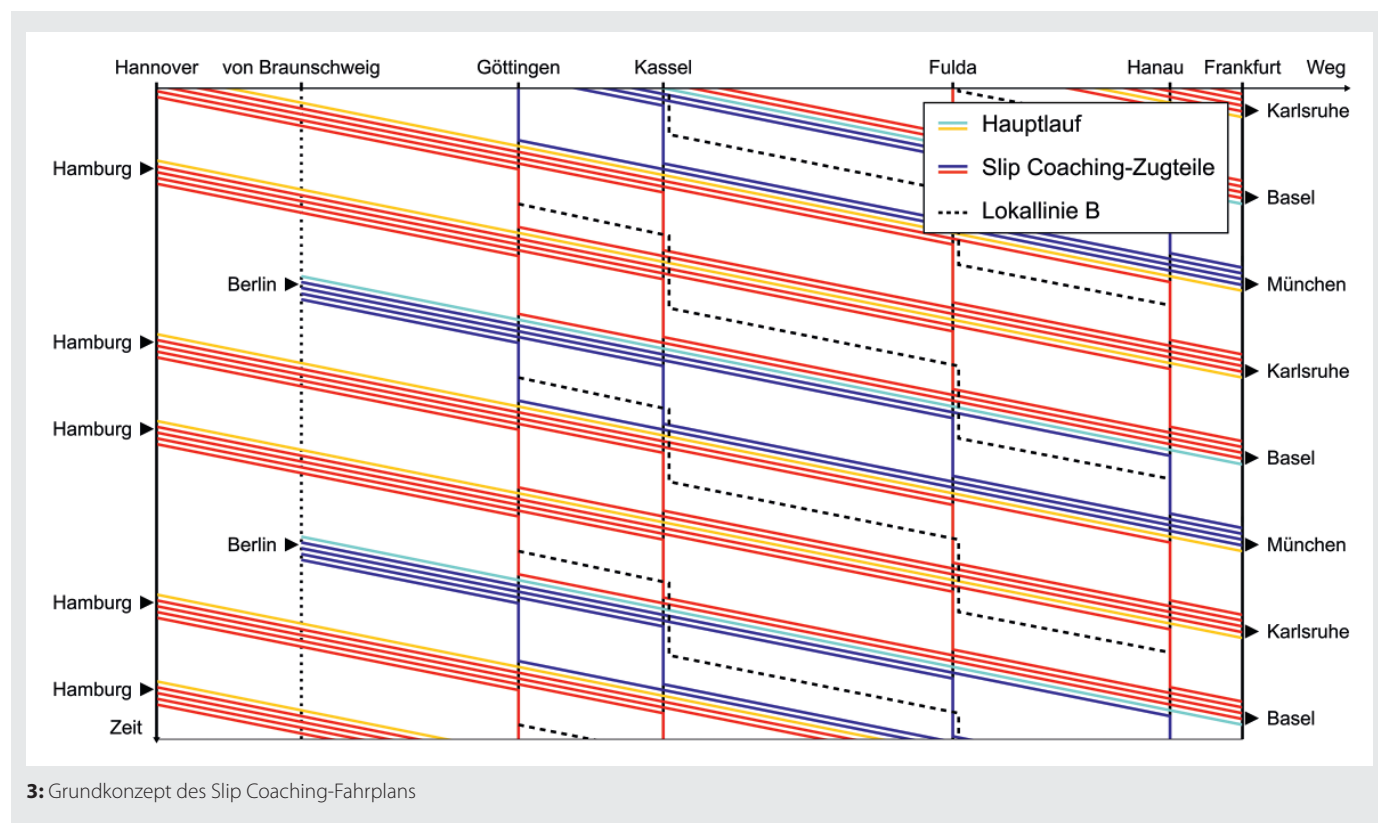
Für einen möglichen Einsatz des Slip Coaching-Verfahrens wird nachfolgend exemplarisch eine Anwendung auf der Strecke Hannover/Braunschweig – Göttingen – Kassel – Fulda – Hanau – Frankfurt untersucht. Mehrere Kriterien lassen diesen Korridor besonders zielführend erscheinen:

- die Abfolge mehrerer Bahnhöfe zwischen zwei großen Knoten (Hannover und Frankfurt), die eine regelmäßige Anbindung rechtfertigen (Göttingen, Kassel, Fulda und Hanau)
- eine größtenteils separierte Infrastruktur für den Fernverkehr
- eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von mindestens 250 km/h, sodass Hochgeschwindigkeitsverkehr untersucht werden kann
- eine Verzweigung an einem Streckenende (Göttingen – Braunschweig), durch die die Möglichkeit neuer Direktverbindungen demonstriert werden kann

Zusätzlich zum heutigen Ist-Zustand der Strecke wurde die in Planung befindliche Neubaustrecke (Hanau –) Gelnhausen – Fulda einbezogen, wodurch ein weitestgehend separater Hochgeschwindigkeitskorridor auf der gesamten Strecke entsteht.

3.2. Zugkonfigurationen

Beim Slip Coaching besteht der Zugverband in der Regel aus deutlich mehr als



zwei Halbzügen, um das Verfahren an mehreren Zwischenstationen anwenden zu können. Dazu ist es notwendig, die ursprüngliche NGT HST-Zuglänge (ca. 200 m) auf ein geringeres Maß zu reduzieren, um kleinere Einheiten einsetzen zu können. Dementsprechend sind NGT HST-Triebzüge mit zwei, drei oder vier Wagen vorgesehen. Es werden zwei Szenarien untersucht:

- Single Slip Coaching: Zugverband von maximal 400 m Länge
- Double Slip Coaching: Zugverband von bis zu 700 m Länge, der vor Knotenbahnhöfen in zwei Teile à 300 und 400 m Länge geteilt wird

Die Basiskonfiguration besteht aus vier kurzen Triebzügen mit je zwei Wagen (Wagenlänge ca. 25 m), ergänzt um einen Hauptzugteil mit acht Wagen. Die Standardlänge eines virtuell gekuppelten Zugverbands beträgt ca. 400 m und würde damit auf dem Niveau heutiger ICE-Züge liegen (s. Bild 2). Im Double-Szenario verkehrt eine Einheit mit zwölf Wagen (Länge ca. 300 m) zusammen mit vier Zugteilen mit je vier Wagen. An Zwischenbahnhöfen hält jeweils nur einer der kurzen Zugteile, weshalb die Bahnsteiglängen dort ausreichen. Vor Knotenbahnhö-

fen muss der Zugverband dagegen in zwei Teile aufgeteilt werden, um parallel an zwei Bahnsteigkanten zu halten.

3.3. Detailliertes Betriebskonzept

Für die Untersuchung des Slip Coachings wurde ein exemplarischer Fahrplan erstellt. Dieser sollte sowohl alle bisherigen Verkehrsbeziehungen auf der Strecke abbilden als auch die Vorteile des Verfahrens aufzeigen. Der Fahrplan ist in Bild 3 grafisch dargestellt.

Es werden zwei Slip Coaching-Linienverläufe festgelegt (Knotenbahnhöfe sind unterstrichen):

- Linie 1: Hamburg–Hannover–Göttingen–Kassel–Fulda–Hanau–Frankfurt–Mannheim–Stuttgart–München
- Linie 2: Berlin–Braunschweig–Hildesheim–Göttingen–Kassel–Fulda–Frankfurt–Mannheim–Karlsruhe–Basel

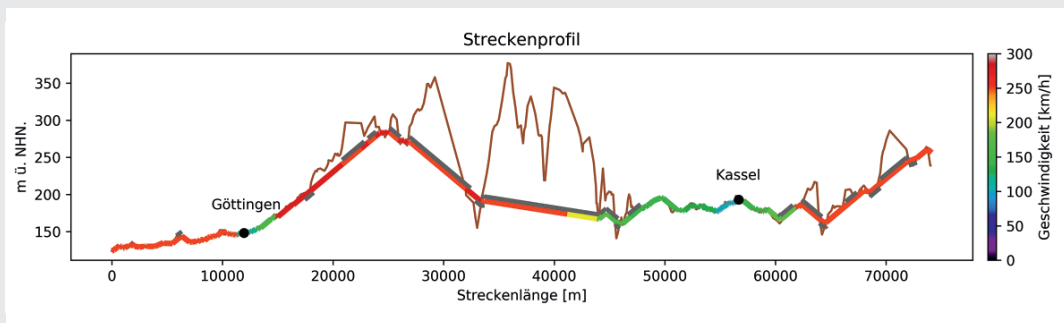
Auf Linie 1 werden dabei doppelt so viele Fahrten wie auf Linie 2 unterstellt, was dem derzeitigen Fahrtenangebot entspricht. Zugteile, die an einer Zwischenstation halten, haben einen Aufenthalt von ca. 6 min, wodurch ein 10 min später

folgender Hauptlauf den Zugteil wieder aufnehmen kann. Die 6 min Haltezeit sollten nicht vollständig als Fahrgastwechselzeit kommuniziert werden, sondern bereits nach 2 min laut Fahrplan beendet sein. Dadurch können verlängerte Haltezeiten durch sperriges Gepäck, Fahrradbeförderung, mobilitätseingeschränkte Personen etc. abgefangen und ein robuster Betrieb gewährleistet werden.

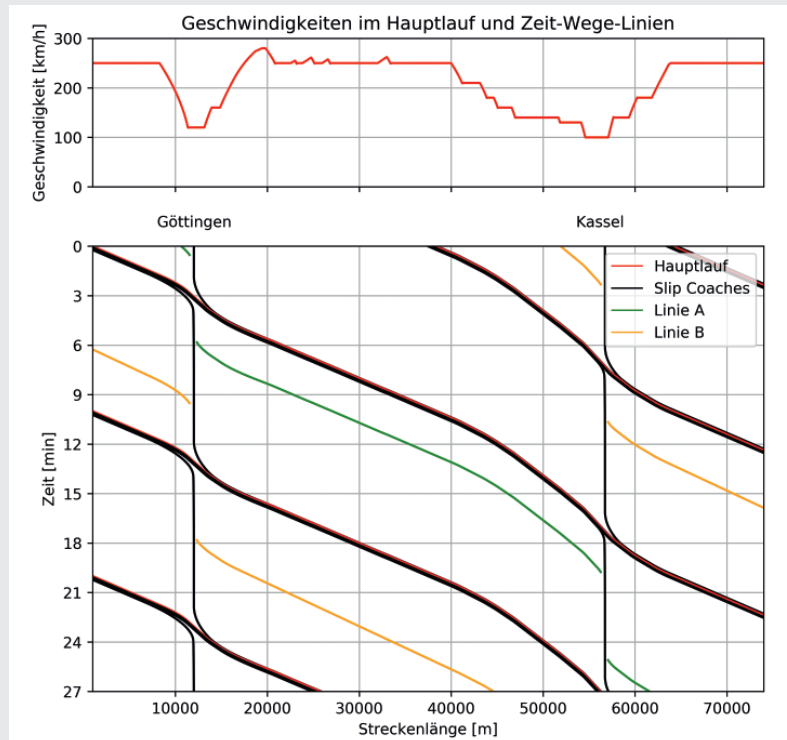
Durch das Slip Coaching entsteht eine neue Umsteigesystematik, die eine Verknüpfung der beiden Linienstränge ohne Umstieg des Fahrgastes ermöglicht.

Wird ein Zugteil an einem Zwischenbahnhof für einen Halt abgekuppelt, wird er danach vom folgenden durchgehenden Zug wieder aufgenommen, wodurch ein anderer Zuglauf am Ende des Slip Coaching-Korridors erreicht wird. Somit können von einem Zug am Startbahnhof (z.B. Hannover) zwei unterschiedliche Züge am Endbahnhof (z.B. Frankfurt) für die Weiterfahrt erreicht werden, ohne dass ein physischer Umstieg notwendig ist. In einem Fall wird lediglich einmal an einer Zwischenstation gehalten, wohingegen im anderen Fall der durchgehende Zug gewählt wird.

4: Streckenprofil und Höchstgeschwindigkeiten auf dem simulierten Streckenabschnitt Göttingen – Kassel



5: Zeit-Weg-Diagramm der Züge zwischen Göttingen und Kassel sowie Geschwindigkeiten im Hauptlauf



Zusätzlich verkehren im Betrachtungsraum – jedoch ohne Slip Coaching – zwei konventionelle Fernverkehrslinien:

- Linie A: Bremen – Hannover – Göttingen – Kassel – Fulda – Würzburg – Nürnberg – Ingolstadt – München
- Linie B: Hildesheim – Göttingen – Kassel – Fulda – Hanau

Bei Linie A handelt es sich um eine bestehende ICE-Linie, die zunächst nicht verändert wird und daher durch das Slip Coaching nicht behindert werden sollte. Linie B gehört dagegen prinzipiell zum Slip Coaching-Konzept.

Sie ermöglicht die Verbindung der im Slip Coaching-Verfahren bedienten Zwi-

schensstationen untereinander. Da diese durch die direkten Züge nur noch an die nächsten Knotenbahnhöfe angebunden werden, zu diesen allerdings eine Non-Stop-Verbindung erhalten, muss ein zusätzlicher Verkehr eingerichtet werden. Es ist hierbei von Vorteil, dass die Züge der Linie B nicht bis in die Knoten durchgebunden werden müssen, was dort Kapazitäten freihält. Außerdem können die eingesetzten Fahrzeuge an die geringere Nachfrage zwischen den kleineren Stationen angepasst werden und so wirtschaftlicher betrieben werden.

3.4. Methodik

Die Machbarkeit wurde in zwei Schritten untersucht:

- mikroskopische Simulation des Betriebsverfahrens auf einem Teil der Gesamtstrecke
- Erstellung eines Fahrplanangebots auf dem untersuchten Korridor

Für die Simulation wurde der Streckenabschnitt zwischen Göttingen und Kassel betrachtet, zuzüglich einiger Kilometer vor und hinter den Bahnhöfen.

Die anspruchsvolle Topographie auf diesem Streckenabschnitt und die unterschiedlichen Geschwindigkeitsprofile der Ein- und Ausfahrten in Göttingen und Kassel (siehe Bild 4) ermöglichen die Prüfung des Verfahrens in verschiedenen Betriebs-situationen.

Die Strecke wurde geographisch mit OpenStreetMap-Daten modelliert. Zusätzlich wurden Daten zu Tunnels und Brücken manuell ergänzt sowie die Topographie aus Satellitenmessungen [10] ermittelt. Die Fahrzeuge wurden als NGT HST modelliert [1].

3.5. Ergebnisse

Die mikroskopische Simulation zeigt, dass das Betriebsverfahren grundsätzlich durchführbar ist. Zu jeder Zeit können der absolute und, in einer virtuellen Kupplung, der relative Bremswegabstand eingehalten werden. Die Trassen der verbleibenden konventionellen Züge können unter Beachtung der erforderlichen Fahrstraßenstellzeiten an den Zwischenstationen konstruiert werden. Der resultierende Bildfahrplan ist in Bild 5 zu sehen.

Wie in Tabelle 1 zu sehen, lassen sich durch Slip Coaching die Fahrzeiten der im

Deutschlandtakt hinterlegten schnellsten Züge (Hannover–Frankfurt mit nur einem Zwischenhalt in Kassel) nochmals um 10 Minuten unterbieten, ohne dass ein zusätzlicher Infrastrukturausbau nötig wird. Zudem werden alle Zwischenhalte durch die Slip Coaches und die Lokallinie vollwertig bedient. Während für die haltenden Zugteile zusätzliche Fahrplanreserven vorgesehen werden müssen, um trotz der starken Verzahnung der Zugläufe einen pünktlichen Betrieb zu gewährleisten, kann der Hauptlauf aufgrund des Wegfalls von Verspätungsrisiken beim Fahrgastwechsel potenziell schlanker geplant werden.

Es ist zu beachten, dass an den Slip Coaching-Stationen Göttingen, Kassel, Fulda und Hanau die Abfahrtszeit vor der Ankunftszeit liegt. Dies liegt daran, dass es sich um unterschiedliche Fahrzeuge handelt. Zur Abfahrtszeit setzt sich ein Zugteil in Bewegung, der bereits am Bahnhof stand, und schließt sich dem Zugverband

an der Spitze an. Am Ende des Zugverbands wird kurz zuvor ein Zugteil abgekuppelt, der nach der Bremsung kurze Zeit später am Bahnhof hält.

Um eine pünktliche Abfahrt zu garantieren und somit den durchfahrenden Hauptlauf nicht zu behindern, wird jeweils eine Abfahrt 4 Minuten vor der tatsächlichen Abfahrt kommuniziert. Der haltende Zugteil hat einen Aufenthalt von mindestens 6 Minuten, sodass für den Fahrgastwechsel 2 Minuten zur Verfügung stehen. Dieser Aufschlag auf die Fahrzeiten der haltenden Züge hilft, die notwendigen Pufferzeiten in der Fahrplankonstruktion des Hauptlaufes zu minimieren. Tabelle 2 vergleicht die Fahrzeiten, die im aktuellen Gutachterentwurf des Deutschlandtakts angesetzt werden, mit jenen im Slip Coaching-Szenario. Es sind zwei Effekte zu beobachten:

- Es ergeben sich größere Fahrzeitverkürzungen durch das Slip Coaching, je mehr Zwischenhalte zwischen den Stationen liegen, da entsprechend Halte- sowie Brems- und Beschleunigungszeiten entfallen.
- Die verfrüht kommunizierten Abfahrtszeiten an den Zwischenstationen verlängern die Fahrzeit vor allem auf kurzen Verbindungen.

Zusätzlich kommt in der Zufahrt auf Frankfurt (Main) Hbf ein größerer Fahrzeitpuffer zum Tragen, der die Fahrzeiten im Vergleich zum technisch Machbaren verlängert.

Zwischen den Slip Coaching-Stationen erfolgt keine Veränderung der Fahrzeiten, da dort weiterhin ein konventioneller Zug von Göttingen bis Hanau mit Halt an allen Stationen verkehrt.

Unter Berücksichtigung der auf der Hauptrelation stärkeren Fahrgastströme ergibt sich insgesamt eine deutliche Fahrzeitverkürzung bei einem gleichzeitig verbesserten Angebot für die Zwischenstationen, ohne dass ein über die Maßnahmen des Deutschlandtakts hinausgehender Infrastrukturausbau notwendig ist.

4. Diskussion und weiterer Forschungsbedarf

In dieser Arbeit wurde das Betriebsverfahren Slip Coaching vorgestellt und die prinzipielle Machbarkeit simulativ dargestellt. Ebenso erfolgte eine Abschätzung der erzielbaren Fahrzeiteinsparungen auf einer Referenzstrecke in Deutschland. Es sind jedoch noch einige Unwägbarkeiten zu

Tabelle 1: Beispielhafter Fahrplan eines Slip Coaching-Zugs von Hamburg nach Basel

Station	An	Durch	Kommunizierte Abfahrt*	Betriebliche Abfahrt
Hamburg – Altona Nord			10:32	
Hamburg Dammtor			10:40	
Hamburg Hbf			10:46	
Hannover Hbf	11:54		11:57	
Göttingen	12:31	12:29	12:23	12:27 Uhr
Kassel-Wilhelmshöhe	12:47	12:45	12:39	12:43 Uhr
Fulda	13:14	13:12	13:06	13:10 Uhr
Hanau Hbf	13:38	13:36	13:30	13:34 Uhr
Frankfurt (Main) Hbf	13:47		13:55	
Mannheim Hbf	14:25		14:36	
Karlsruhe Hbf	14:58		15:00	
Weiter nach Basel SBB				

*Abfahrt, die den Reisenden in den Fahrplanmedien kommuniziert wird

Tabelle 2: Vergleich der Fahrzeiten von Deutschlandtakt (D-Takt) und Slip Coaching

Von	Nach	Fahrzeit D-Takt	Fahrzeit Slip Coaching
Hannover	Göttingen	0:34 h	0:34 h
Hannover	Kassel	0:53 h	0:50 h
Hannover	Fulda	1:25 h	1:17 h
Hannover	Hanau	1:59 h (Umstieg)	1:41 h
Hannover	Frankfurt	2:00 h	1:50 h
Göttingen	Frankfurt	1:28 h	1:24 h
Kassel	Frankfurt	1:05 h	1:08 h
Fulda	Frankfurt	0:35 h	0:41 h
Hanau	Frankfurt	0:12 h	0:17 h
Zwischen den Slip Coaching-Stationen unverändert			

Slip Coaching könnte ein Baustein sein, die gesetzten Ziele der Verkehrsverlagerung auf die Schiene durch ein schnelles, regelmäßiges und durch Direktverbindungen attraktives Angebot zu erreichen.



klären, bevor eine technische Erprobung möglich und sinnvoll ist.

Das gesamte Konzept baut auf dem virtuellen Kuppeln von Zügen auf. Somit ist eine Umsetzung dieser Technologie zwin- gende Voraussetzung für das vorgestellte Betriebskonzept. Auch wenn es bereits zahlreiche Vorarbeiten in den Forschungs- feldern Zug-zu-Zug-Kommunikation, Re- gelungstechnik, Abstandshaltung und Aerodynamik gibt, ist bislang kein realer Prototyp getestet worden. Ebenso ist eine Ausrüstung der betrachteten Strecken mit einer Sicherungstechnik bestehend aus ei- nem System vergleichbar zu ETCS Level 3 sowie verschiedener Zusatzausrüstungen (z. B. zur Abstandshaltung) notwendig, um ein Fahren im relativen Bremswegabstand realisieren zu können [11].

Betrieblich ergeben sich neue Anfor- derungen an die Pünktlichkeit der Zug- fahrten. Während einerseits längere Stati- onsaufenthalte das Risiko unpünktlicher Abfahrten minimieren und einen zusätz- lichen Verspätungspuffer bieten, entste- hen andererseits enge Abhängigkeiten zwischen mehreren Zügen, sodass eine vermehrte Verspätungsübertragung zu erwarten ist. Ob in Summe eine Verbesse- rung oder Verschlechterung der betriebli- chen Pünktlichkeit zu erwarten ist, sollte in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Durch den Einsatz kürzerer Fahrzeuge ergeben sich sowohl wirtschaftliche Fra- gestellungen zu Herstellung und Betrieb solch kurzer Einheiten als auch zu den zu erwartenden Fahrgastströmen. Durch die fehlende Durchgangsmöglichkeit zwi- schen Zugteilen ist eine schlechtere Ver- teilung der Fahrgäste bei schwankender Auslastung des Zuges zu erwarten, sodass höhere Anforderungen an die Fahrgastlen- kung und -information zu stellen sind.

Slip Coaching könnte ein Baustein sein, die gesetzten Ziele der Verkehrsverlage- rung auf die Schiene durch ein schnelles, regelmäßiges und durch Direktverbindun- gen attraktives Angebot zu erreichen, und ist als Ergänzung zu weiterhin gebotenen Infrastrukturausbauten zu verstehen. Die erreichbaren Fahrzeiteinsparungen könn- ten durch höhere Durchfahrtsgeschwin- digkeiten in den betrachteten Bahnhöfen sogar noch gesteigert werden. Es stellt ne-

ben bereits bekannten Anwendungen aus dem urbanen Schienenverkehr [12] eine weitere betriebliche Anwendung des vir- tuellen Kuppelns dar und zeigt, dass durch die Umsetzung dieser Technologie auch im Hochgeschwindigkeitsverkehr große Potenziale gehoben werden können. Eine baldige Erprobung des virtuellen Kuppelns anhand eines realen Prototyps ist daher an- zuraten. ●

Literatur

- [1] Winter, J.: „Next Generation Train – 20 Jahre For- schung für die Eisenbahn“, in: ETR – Eisenbahntechni- sche Rundschau, Ausgabe 03/2019, S. 17-21
- [2] Schumann, T.; Mönsters, M.; Meirich, C.; Jäger, B.: NGT CARGO – Concept For A High-Speed Freight Train In Eu- rope, in: WIT Press, COMPRAIL 2018, 02.07. – 04.07.2018, Lissabon, Portugal, <https://doi.org/10.2495/CR180491>, <https://elib.dlr.de/120696/>, 06.08.2020 um 10:30
- [3] DLR: Design-Studie NGT HST, CC-BY 3.0, Namens- nennung 3.0 Deutschland (CC BY 3.0 DE), [https://crea- tivecommons.org/licenses/by/3.0/de/](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/de/), [https://www.dlr. de/content/de/bilder/2011/2/zug-der-zukunft-next- generation-train_1072.html](https://www.dlr.de/content/de/bilder/2011/2/zug-der-zukunft-next-generation-train_1072.html), 28.10.2020 um 15:00
- [4] Schumann, T.: Erhöhung der Kapazität der Shin- kansen-Hochgeschwindigkeitsstrecke mit Dyna- mischem Flügeln, in: EI – Der Eisenbahningenieur, Ausgabe 01/2017, S. 52 – 57, <https://elib.dlr.de/106576/>, 06.08.2020 um 10:30
- [5] Winter, J.; Lehner, A.; Polisky, E.: „Electronic Coupling of Next Generation Trains“, in: Proceedings of the Third International Conference on Railway Technology: Research, Development and Maintenance, 05.04.- 08.04.2016, Cagliari, Sardinia, Italy, [https://elib.dlr. de/109481/](https://elib.dlr.de/109481/), 06.08.2020 um 14:00
- [6] Railway Wonders of the World: „Slip Coaches: Divi- ding Express Trains at Speed“, Railway Wonders of the World, 21 June 1935; <https://www.railwaywondersoft- heworld.com/slip-coaches.html>, 06.08.2020 um 14:00
- [7] Deutsche Bahn, DB Fernverkehr: „Fahrgäste im DB Fernverkehr“, 07/2019, <https://www.deutschebahn. com/resource/blob/4245256/5d4bd9341b5df7f110e32aef4626e7af/Download-Infografik-Fahrgastzahlen-DB- Fernverkehr-data.jpg>, 07.08.2020 um 13:30
- [8] CDU, CSU und SPD: „Ein neuer Aufbruch für Europa – Eine neue Dynamik für Deutschland – Ein neuer Zusammenhalt für unser Land“, Koalitionsvertrag zur 19. Legislaturperiode, S. 77, Zeile 3549 ff., 14.03.2018, <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/975226/847984/5b8bc23590d4cb2892b31c987ad672b7/2018-03-14-koalitionsvertrag-data.pdf?download=1>, 07.08.2020 um 13:30
- [9] Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Matthias Gastel, Annalena Baerbock, Harald Ebner, weiterer Abgeord- neter und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN – Drucksache 19/12508 – Nächste Umsetzungs- schritte für den Deutschland-Takt 2030, <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/19/125/1912508.pdf>, 07.08.2020 um 13:30
- [10] OpenDEM: SRTM Digital Terrain Model of Germany, https://www.opendem.info/download_srtm.html, 02.11.2020 um 15:00
- [11] X2Rail-3: WP6 Deliverable D6.1 Virtual Train Coupling System Concept and Application Condi- tions (public, noch nicht veröffentlicht), Horizon2020 Shift2Rail Project X2Rail-3 Advanced Signalling, Automation and Communication System (IP2) – Virtual Train Coupling, [https://projects.shift2rail.org/s2r_ip2_n. aspx?p=X2RAIL-3](https://projects.shift2rail.org/s2r_ip2_n.aspx?p=X2RAIL-3)
- [12] Quaglietta, E.; Wang, M.; Goverde, R.: A multi- state train-following model for the analysis of virtual coupling railway operations, in: Journal of Rail Transport Planning & Management, Volume 15, September 2020, 100195, Part of special issue: RailNorrköping 2019, <https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2020.100195>, 03.11.2020 um 11:30



[www.eurailpress.de/archiv/ slip-coaching](http://www.eurailpress.de/archiv/slip-coaching)

Summary

Travel time reduction and capacity increase through slip coaching in high-speed traffic

Increasing numbers of passengers in the long- term require the extension of the schedule offer in long-distance passenger rail transport. A possible infrastructure expansion is time- consuming and cost-intensive. The so-called slip coaching meth- od proves itself as an operational supplement and could lead to an improved offer with a denser fre- quency, reduced travel times and additional direct connections on the existing infrastructure.